

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re U.S. Patent Application )  
 )  
 Applicant: Chikayoshi Kamata & )  
 Hitoshi Kishi )  
 )  
 Serial No. )  
 )  
 Filed: February 16, 2001 )  
 )  
 For: METHOD OF MAKING ... )  
 )  
 Art Unit: )

*I hereby certify that this paper is being deposited  
 with the United States Postal Service as EXPRESS  
 mail in an envelope addressed to: Assistant  
 Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231,  
 on February 16, 2001.*

*Express Label No.: EL 748265302/US*

*Signature: Russell D. White*

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
 Washington, DC 20231

Sir:

Applicant claims foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis  
 of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2000-277060, filed September 12,  
 2000.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By:

*Patrick G. Burns*  
 Patrick G. Burns  
 Reg. No. 29,367

February 16, 2001  
 300 South Wacker Drive  
 Suite 2500  
 Chicago, IL 60606  
 (312) 360-0080  
 Customer Number: 24978

2500. 65245  
318-360-0086

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 9月12日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-277060

出 願 人  
Applicant (s):

富士通株式会社

1c821 U.S. PRO  
09/785112

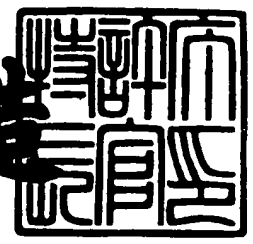


CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月22日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0051087

【提出日】 平成12年 9月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその製造方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 鎌田 親義

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 岸 均

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105094

【弁理士】

【氏名又は名称】 山▲崎▼ 薫

【電話番号】 03-5226-0508

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049618

【納付金額】 21,000円

【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「超先端電子技術開発促進事業（超先端電子技術開発促進事業）」委託研究

、産業活力再生特別措置法第 3 0 条の適用を受けるもの  
)

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803088

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基礎層の表面に沿って延びる磁気抵抗効果膜を形成する工程と、基礎層の表面に、磁気抵抗効果膜を挟み込む絶縁下地層を積層する工程と、絶縁下地層で磁気抵抗効果膜を挟み込んだまま基礎層上でエッチング処理を実施する工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記絶縁下地層の積層に先立って、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて基礎層の表面に沿って延びる磁区制御膜を形成する工程と、前記絶縁下地層の積層にあたって、前記絶縁下地層で前記磁気抵抗効果膜とともに磁区制御膜を挟み込む工程とをさらに備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記エッチング処理に先立って、少なくとも磁気抵抗効果膜および絶縁下地層を覆う導電膜を形成する工程と、前記エッチング処理にあたって、磁気抵抗効果膜で基礎層から立ち上がる壁面の露出を阻止しつつエッチングガスに導電膜を曝す工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 4】 基礎層の表面に沿って広がり、基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁気抵抗効果膜と、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて、磁気抵抗効果膜の壁面に連続しつつ基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁区制御膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜および磁区制御膜に各壁面で接触する絶縁下地層と、磁区制御膜および絶縁下地層に覆い被さる電極端子膜とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の磁気抵抗効果素子において、前記絶縁下地層は、前記磁気抵抗効果膜に覆い被さる絶縁層に一体化されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスクや磁気テープといった磁気記録媒体から磁気情報を読み出すにあたって用いられることができる磁気抵抗効果素子およびその製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

近年、磁気抵抗効果素子の分野では、先端でスピバルブ膜といった磁気抵抗効果膜に覆い被さる電極端子膜が広く提案される（例えば特許第 2 9 3 3 9 1 6 号公報参照）。こういった電極端子膜は、スピバルブ膜や磁区制御膜が基板上に形成された後に、基板上に一律に積層される導電層から削り出される。こうした電極端子膜の形成にはいわゆる反応性イオンエッチング（R I E）処理が用いられる。

## 【 0 0 0 3 】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明者によれば、こうして R I E を経て形成された磁気抵抗効果素子すなわち巨大磁気抵抗効果（GMR）素子は正確に磁気情報を読み出すことはできないことが確認された。言い換えると、こういった磁気抵抗効果素子が用いられても、2 値の磁気情報は正確に識別されることができなかった。

## 【 0 0 0 4 】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、磁界の変化に応じて確実に 2 値の磁気情報を見分けることができる磁気抵抗効果素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 5 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第 1 発明によれば、基礎層の表面に沿って延びる磁気抵抗効果膜を形成する工程と、基礎層の表面に、磁気抵抗効果膜を挟み込む絶縁下地層を積層する工程と、絶縁下地層で磁気抵抗効果膜を挟み込んだまま基礎層上でエッチング処理を実施する工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法が提供される。

## 【 0 0 0 6 】

こういった製造方法によれば、磁気抵抗効果（MR）膜で基礎層の表面から立ち上がる壁面は絶縁下地層によって覆われることができる。したがって、MR膜では基礎層の表面から立ち上がる壁面の露出は阻止されることができる。こうして壁面の露出が阻止されたまま基礎層上でエッチング処理が実施されると、エッチングガスとMR膜との反応は確実に回避されることができる。MR膜に含まれる原子の酸化に起因する金属化合物の析出や、MR膜に含まれる原子とエッチングガスとの反応に基づき生成される金属化合物の析出は確実に防止されることができる。こういった金属化合物すなわち不純物の析出が防止されると、製造されたMR膜では理想的な磁気抵抗効果曲線が描き出されることが確認された。

## 【 0 0 0 7 】

こういった製造方法では、前記絶縁下地層の積層に先立って、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて基礎層の表面に沿って延びる磁区制御膜が形成されてもよい。この場合には、前記絶縁下地層の積層にあたって、前記絶縁下地層は前記磁気抵抗効果膜とともに磁区制御膜を挟み込めばよい。こうして磁気抵抗効果（MR）素子では、磁気抵抗効果（MR）膜は1対の磁区制御膜に挟み込まれることができる。こういった磁区制御膜は、MR膜に含まれる磁性層すなわち自由磁化層（free layer）の単磁区化を促進する。その結果、MR素子は、一層確実に2値の磁気情報を見分けることが可能となる。

## 【 0 0 0 8 】

また、第2発明によれば、基礎層の表面に、磁気抵抗効果膜の層構造で構成される第1素材層を積層する工程と、磁区制御膜の素材で構成され、基礎層の表面に沿って第1素材層を挟み込む1対の第2素材層を積層する工程と、第1および第2素材層上に、相互に連続する磁気抵抗効果膜および磁区制御膜の輪郭を象るレジスト膜を形成する工程と、レジスト膜の周囲で第1および第2素材層を除去し、レジスト膜下に磁気抵抗効果膜および磁区制御膜を形作る工程と、レジスト膜上および基礎層の表面上に絶縁下地層を積層する工程と、レジスト膜を除去し、絶縁下地層の合間で磁気抵抗効果膜および磁区制御膜を露出させる工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法が提供される。

## 【 0 0 0 9 】

かかる製造方法によれば、レジスト膜下で形作られる磁気抵抗効果（MR）膜および磁区制御膜の連続体は簡単に絶縁下地層に挟み込まれることができる。こういった連続体で基礎層の表面から立ち上がる壁面は絶縁下地層によって確実に覆われる。MR膜では基礎層の表面から立ち上がる壁面の露出は阻止されることができる。

#### 【 0 0 1 0 】

こうした磁気抵抗効果素子の製造方法では、前記基礎層の表面に沿って絶縁下地層で磁気抵抗効果膜を挟み込んだまま基礎層上でエッチング処理が実施されればよい。前述のように壁面の露出が阻止されたまま基礎層上でエッチング処理が実施されると、エッチングガスとMR膜との反応は確実に回避されることができる。前述と同様に、MR膜に含まれる原子の酸化に起因する金属化合物の析出や、MR膜に含まれる原子とエッチングガスとの反応に基づき生成される金属化合物の析出は確実に防止されることができる。

#### 【 0 0 1 1 】

以上のような磁気抵抗効果素子の製造方法は、前記エッチング処理に先立って、少なくとも磁気抵抗効果膜および絶縁下地層を覆う導電膜を形成する工程と、前記エッチング処理にあたって、磁気抵抗効果膜で基礎層から立ち上がる壁面の露出を阻止しつつエッチングガスに導電膜を曝す工程とを備えてもよい。

#### 【 0 0 1 2 】

こうした製造方法によれば、導電膜から電極端子膜は削り出されることができる。一般に、磁気抵抗効果（MR）素子では、こういった電極端子膜から磁気抵抗効果（MR）膜にセンス電流は供給される。この削り出しにあたって、MR膜で壁面の露出が阻止され続ければ、前述と同様に、MR膜に含まれる原子の酸化に起因する金属化合物の析出や、MR膜に含まれる原子とエッチングガスとの反応に基づき生成される金属化合物の析出は確実に防止されることができる。

#### 【 0 0 1 3 】

以上のような製造方法を経て製造される磁気抵抗効果素子は、例えば、基礎層の表面に沿って広がり、基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁気抵抗効果膜と、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて、磁気抵抗効果膜の壁面に連続しつ



つ基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁区制御膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜および磁区制御膜に各壁面で接触する絶縁下地層と、磁区制御膜および絶縁下地層に覆い被さる電極端子膜とを備えることができる。

#### 【 0 0 1 4 】

ここで、前記絶縁下地層は  $Al_2O_3$  や  $SiO_2$  といった絶縁材料から構成されればよい。こういった絶縁下地層は、前記磁気抵抗効果膜に覆い被さる絶縁層に一体化されてもよい。こうした一体化によれば、絶縁下地層と絶縁層との境界線は消失する。

#### 【 0 0 1 5 】

以上のような磁気抵抗効果素子は、磁気ディスク駆動装置や磁気テープ駆動装置といった磁気記録媒体駆動装置に採用されることができる。磁気ディスク駆動装置には例えばハードディスク駆動装置（HDD）が含まれる。

#### 【 0 0 1 6 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

#### 【 0 0 1 7 】

図 1 は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置（HDD）11 の内部構造を概略的に示す。この HDD 11 は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体 12 を備える。収容空間には、記録媒体としての 1 枚以上の磁気ディスク 13 が収容される。磁気ディスク 13 はスピンドルモータ 14 の回転軸に装着される。スピンドルモータ 14 は、例えば 7200 rpm や 10000 rpm といった高速度で磁気ディスク 13 を回転させることができる。筐体本体 12 には、筐体本体 12 との間で収容空間を密閉する蓋体すなわちカバー（図示せず）が結合される。

#### 【 0 0 1 8 】

収容空間には、垂直方向に延びる支軸 15 回りで揺動するキャリッジ 16 がさらに収容される。このキャリッジ 16 は、支軸 15 から水平方向に延びる剛体の揺動アーム 17 と、この揺動アーム 17 の先端に取り付けられて揺動アーム 17

から前方に延びる弾性サスペンション 1 8 とを備える。周知の通り、弾性サスペンション 1 8 の先端では、いわゆるジンバルばね（図示せず）の働きで浮上ヘッドスライダ 1 9 は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ 1 9 には、磁気ディスク 1 3 の表面に向かって弾性サスペンション 1 8 から押し付け力が作用する。磁気ディスク 1 3 の回転に基づき磁気ディスク 1 3 の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ 1 9 には浮力が作用する。弾性サスペンション 1 8 の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク 1 3 の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ 1 9 は浮上し続けることができる。

#### 【 0 0 1 9 】

こうした浮上ヘッドスライダ 1 9 の浮上中に、キャリッジ 1 6 が支軸 1 5 回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ 1 9 は半径方向に磁気ディスク 1 3 の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ 1 9 は磁気ディスク 1 3 上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ 1 6 の揺動は例えばボイスコイルモータ（VCM）といったアクチュエータ 2 1 の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク 1 3 が筐体本体 1 2 内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク 1 3 同士の間で 1 本の揺動アーム 1 7 に対して 2 つの弾性サスペンション 1 8 が搭載される。

#### 【 0 0 2 0 】

図 2 は浮上ヘッドスライダ 1 9 の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ 1 9 は、平たい直方体に形成される  $Al_2O_3-TiC$ （アルチック）製のスライダ本体 2 2 と、このスライダ本体 2 2 の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッド 2 3 を内蔵する  $Al_2O_3$ （アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜 2 4 とを備える。スライダ本体 2 2 およびヘッド素子内蔵膜 2 4 には、磁気ディスク 1 3 に対向する媒体対向面すなわち浮上面 2 5 が規定される。磁気ディスク 1 3 の回転に基づき生成される気流 2 6 は浮上面 2 5 に受け止められる。

#### 【 0 0 2 1 】

浮上面 2 5 には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる 2 筋のレール 2 7 が形成される。各レール 2 7 の頂上面にはいわゆる ABS（空気軸受け面）2 8 が規定される。ABS 2 8 では気流 2 6 の働きに応じて前述の浮力が生成され

る。ヘッド素子内蔵膜 2 4 に埋め込まれた読み出し書き込みヘッド 2 3 は、後述されるように、ABS 2 8 で露出する。なお、浮上ヘッドスライダ 1 9 の形態はこういった形態に限られるものではない。

#### 【 0 0 2 2 】

図 3 は浮上面 2 5 の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド 2 3 は、磁気ディスク 1 3 から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき 2 値情報を読み取る磁気抵抗効果 (MR) 素子 3 1 と、導電コイルパターン (図示せず) で生起される磁界を利用して磁気ディスク 1 3 に 2 値情報を書き込む誘導書き込みヘッド素子 3 2 とを備える。MR 素子 3 1 は上下 1 対の非磁性ギャップ層 3 3、3 4 に挟み込まれる。非磁性ギャップ層 3 3、3 4 は例えば  $Al_2O_3$  (アルミナ) で構成されればよい。こうして非磁性ギャップ層 3 3、3 4 に挟み込まれた MR 素子 3 1 は上部および下部シールド層 3 5、3 6 に挟み込まれる。上部および下部シールド層 3 5、3 6 は例えば FeN や NiFe から構成されればよい。下部シールド層 3 6 は  $Al_2O_3$  (アルミナ) 膜 3 7 の表面に沿って広がる。

#### 【 0 0 2 3 】

誘導書き込みヘッド素子 3 2 は、上部シールド層 3 5 の表面に沿って広がる非磁性ギャップ層 3 8 を備える。非磁性ギャップ層 3 8 は例えば  $Al_2O_3$  (アルミナ) で構成されればよい。上部シールド層 3 5 には、この非磁性ギャップ層 3 8 を挟んで上部磁極層 3 9 が向き合う。上部磁極層 3 9 は例えば NiFe から構成されればよい。上部磁極層 3 9 は、非磁性ギャップ層 3 8 の表面に沿って広がる  $Al_2O_3$  (アルミナ) 膜 4 0 に覆われる。 $Al_2O_3$  膜 3 7、4 0 は前述のヘッド素子内蔵膜 2 4 を構成する。

#### 【 0 0 2 4 】

上部磁極層 3 9 および上部シールド層 3 5 は協働して誘導書き込みヘッド素子 3 2 の磁性コアを構成する。すなわち、誘導書き込みヘッド素子 3 2 の下部磁極層は MR 素子 3 1 の上部シールド層 3 5 として機能する。導電コイルパターンで磁界が生起されると、非磁性ギャップ層 3 8 の働きで、上部磁極層 3 9 と上部シールド層 3 5 とを行き交う磁束流は浮上面 2 5 から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束流によって記録磁界 (ギャップ磁界) は形成される。

## 【 0 0 2 5 】

MR素子32は、基礎層すなわち非磁性ギャップ層34の表面に沿って広がる磁気抵抗効果(MR)膜すなわちスピバルブ膜41を備える。このスピバルブ膜41には、非磁性ギャップ層34の表面に交差する区画面で仕切られた1対の端面41a、41bが形成される。これら端面41a、41bは非磁性ギャップ層34の表面に対してテーパ角 $\theta$ で傾斜する。

## 【 0 0 2 6 】

同様に、基礎層すなわち非磁性ギャップ層34の表面には、浮上面25に沿ってスピバルブ膜41を挟み込む1対の磁区制御膜42が形成される。磁区制御膜42は、非磁性ギャップ層34の表面で浮上面25に沿って延びる。磁区制御膜42の先端はスピバルブ膜41の端面41a、41bに接続される。各磁気制御膜42の表面には導電性の電極端子膜43が広がる。スピバルブ膜41には電極端子膜43からセンス電流が供給される。

## 【 0 0 2 7 】

図4に示されるように、非磁性ギャップ層34の表面には絶縁下地層45が広がる。この絶縁下地層45は一端でスピバルブ膜41に接触する。スピバルブ膜41は、非磁性ギャップ層34の表面から立ち上がる壁面46で絶縁下地層45を受け止める。絶縁下地層45は例えば $Al_2O_3$ （アルミナ）や $SiO_2$ といった絶縁材料から構成されればよい。ただし、絶縁下地層45が $Al_2O_3$ で構成される場合には、絶縁下地層45と非磁性ギャップ層33との間に明確な境界線が描き出されるとは限らない。絶縁下地層45は、スピバルブ膜41に覆い被さる絶縁層すなわち非磁性ギャップ層33に一体化される。

## 【 0 0 2 8 】

図5に示されるように、磁区制御膜42には、スピバルブ膜41の壁面46に連続しつつ非磁性ギャップ層34の表面から立ち上がる壁面47が規定される。スピバルブ膜41の壁面46と壁面47とは同一平面に沿って広がる。前述のように非磁性ギャップ層34の表面に広がる絶縁下地層45は壁面47で磁区制御膜42に接触する。電極端子膜43は磁区制御膜42および絶縁下地層45に覆い被さる。

## 【 0 0 2 9 】

図6に示されるように、スピバルブ膜41は、非磁性ギャップ層34の表面に積層される下地層51を備える。この下地層51は例えば膜厚5.0nm程度のTa層で構成されればよい。下地層51には磁性層いわゆる自由磁化層(free layer)52が重ね合わせられる。この自由磁化層52は、下地層51の表面に積層される例えば膜厚2.0nm程度のNiFe層52aと、このNiFe層52a上に積層される例えば膜厚1.5nm程度のCoFeB層52bとで構成されればよい。

## 【 0 0 3 0 】

自由磁化層52には非磁性分離層53が重ね合わせられる。非磁性分離層53は例えば膜厚2.8nm程度のCu層で構成されればよい。このCu層にはさらに2層構造の磁性層すなわち固定磁化層(pinned layer)54が重ね合わせられる。この固定磁化層54は、Cu層の表面に積層される例えば膜厚2.0nm程度の第1CoFeB層54aと、この第1CoFeB層54a上に積層される例えば膜厚0.82nm程度のRu層54bすなわち結合層と、Ru層54b上に積層される例えば膜厚1.5nm程度の第2CoFeB層54cとで構成されればよい。

## 【 0 0 3 1 】

固定磁化層54の表面には反強磁性層(pinning layer)55が重ね合わせられる。この反強磁性層55は例えば膜厚13.0nm程度のPdPtMn層で構成されればよい。反強磁性層55と固定磁化層54との間には交換結合が確立される。その結果、反強磁性層55の働きに応じて固定磁化層54の磁化方向は固定される。

## 【 0 0 3 2 】

磁気情報の読み出しにあたってMR素子31が磁気ディスク13の表面に向き合わせられると、スピバルブ膜41では、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁化方向に応じて自由磁化層52の磁化方向は回転する。こうして自由磁化層52の磁化方向が回転すると、スピバルブ膜41の電気抵抗は大きく変化する。したがって、電極端子膜43からスピバルブ膜41にセンス電流が供

給されると、電気抵抗の変化に応じて、電極端子膜 4 3 から取り出される電気信号のレベルは変化する。このレベルの変化に応じて 2 値情報は読み取られる。

### 【 0 0 3 3 】

次に MR 素子 3 1 の製造方法を詳述する。周知の通り、アルチック製ウェハー（図示せず）の表面には  $Al_2O_3$  膜 3 7 が成膜される。この  $Al_2O_3$  膜 3 7 上で下部シールド層 3 6 および非磁性ギャップ層 3 4 は順番に積層形成されていく。続いて、非磁性ギャップ層 3 4 すなわち基礎層の表面には、図 7 に示されるように、スピンバルブ膜 4 1 と同一の層構造で構成される第 1 素材片 5 6 が積層される。すなわち、この第 1 素材片 5 6 の形成にあたって、非磁性ギャップ層 3 4 の表面には、Ta 膜、NiFe 膜、CoFeB 膜、Cu 膜、CoFeB 膜、Ru 膜、CoFeB 膜および PdPtMn 膜が順番に成膜される。ただし、この第 1 素材片 5 6 では、PdPtMn 膜の表面にキャップ層がさらに成膜される。このキャップ層は、PdPtMn 膜上に積層される例えば膜厚 6.0 nm 程度の Ta 層と、この Ta 層上に積層される例えば膜厚 5.0 nm 程度の Au 層とから構成されればよい。第 1 素材片 5 6 の形成には例えばスパッタリング法が用いられればよい。

### 【 0 0 3 4 】

図 7 に示されるように、第 1 素材片 5 6 上には続いてレジスト膜 5 7 が形成される。このレジスト膜 5 7 は、第 1 方向 DR1 に延びる底膜 5 8 と、この底膜 5 8 の両端で第 1 方向 DR1 に直交する第 2 方向 DR2 に延びる 1 対の支え膜 5 9 とを備える。底膜 5 8 は、図 8 から明らかなように、第 1 素材片 5 6 の表面に沿って第 1 幅 W1（例えば 0.15  $\mu m$  程度）で第 1 方向 DR1 に延びる下膜 6 0 と、この下膜 6 0 の表面に沿って形成されて、第 1 幅 W1 よりも大きな第 2 幅 W2（例えば 0.5  $\mu m$  程度）で第 1 方向 DR1 に延びる上膜 6 1 とを備えればよい。支え膜 5 9 はこうした底膜 5 8 の転倒を防止する。レジスト膜 5 7 の形成にあたっては例えば I 線ステッパが用いられればよい。

### 【 0 0 3 5 】

続いて第 1 素材片 5 6 にはイオンミリング処理が適用される。このイオンミリング処理では、アルゴンイオンの入射角は基礎層すなわち非磁性ギャップ層 3 4

の表面に対して  $90^\circ$  に設定される。こういった条件でイオンミリング処理が実施されると、レジスト膜 5 7 の周囲で第 1 素材片 5 6 は削り取られていく。その結果、図 9 に示されるように、底膜 5 8 の直下では第 1 方向 D R 1 に延びる第 1 素材片 5 6 が残存する。削り出された第 1 素材片 5 6 では、図 1 0 から明らかなように、テーパ角  $\theta$  で傾斜する区画面が規定される。

## 【 0 0 3 6 】

その後、非磁性ギャップ層 3 4 の表面には、磁区制御膜 4 2 の素材（例えば C o C r P t）で構成される第 2 素材層が積層される。このとき、レジスト膜 5 7 は維持される。したがって、第 2 素材層の積層後にレジスト膜 5 7 が除去されると、図 1 1 に示されるように、非磁性ギャップ層 3 4 の表面で第 1 素材片 5 6 を挟み込む 1 対の第 2 素材層 6 3 は形成されることができる。第 2 素材層の積層には例えばスパッタリング法が用いられればよい。レジスト膜 5 7 の除去には例えば  $O_2$  プラズマやレジスト剥離液が用いられればよい。

## 【 0 0 3 7 】

図 1 2 に示されるように、相互に連続する第 1 素材片 5 6 および第 2 素材層 6 3 の表面には新たにレジスト膜 6 4 が形成される。このレジスト膜 6 4 は、第 2 方向 D R 2 に細長く延び、相互に連続するスピバルブ膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 の輪郭を大まかに象る。その後、第 1 素材片 5 6 および第 2 素材層 6 3 にはイオンミリング処理が適用される。その結果、レジスト膜 6 4 の周囲で第 1 素材片 5 6 および第 2 素材層 6 3 は除去される。こうしてレジスト膜 6 4 の直下では、図 1 3 に示されるように、第 2 方向 D R 2 に細長く延びるスピバルブ膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 の連続体 6 5 が形作られる。

## 【 0 0 3 8 】

続いて非磁性ギャップ層 3 4 の表面には一面に絶縁下地層 4 5 すなわち  $Al_2O_3$  層が積層される。図 1 4 に示されるように、連続体 6 5 およびレジスト膜 6 4 は絶縁下地層 4 5 に埋もれる。絶縁下地層 4 5 の膜厚は例えば  $1.0\text{ nm} \sim 30.0\text{ nm}$  程度に設定されればよい。絶縁下地層 4 5 の成膜には例えばスパッタリング法が用いられればよい。

## 【 0 0 3 9 】

こうした絶縁下地層 4 5 の成膜後にレジスト膜 6 4 が除去されると、図 1 5 に示されるように、絶縁下地層 4 5 の合間で連続体 6 5 は露出する。すなわち、スピバルブ膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 の連続体 6 5 は非磁性ギャップ層 3 4 の表面に沿って絶縁下地層 4 5 に挟み込まれる。このとき、連続体 6 5 には、非磁性ギャップ層 3 4 の表面から立ち上がる壁面 6 5 a が規定される。この壁面 6 5 a は、相互に連続するスピバルブ膜 4 1 の壁面や磁区制御膜 4 2 の壁面によって構成される。壁面 6 5 a は絶縁下地層 4 5 に覆われる。レジスト膜 6 4 の除去にあたっては例えば  $O_2$  プラズマやレジスト剥離液が用いられればよい。

## 【 0 0 4 0 】

絶縁下地層 4 5 の表面には一面に導電膜 6 6 が成膜される。導電膜 6 6 は、図 1 6 および図 1 7 に示されるように、絶縁下地層 4 5 の合間で露出する連続体 6 5 を同時に覆う。こういった導電膜 6 6 は、例えば膜厚 7. 0 nm 程度の Ta 下地層と、この下地層上に積層される例えば膜厚 5 0. 0 nm 程度の Mo 層とで構成されればよい。導電膜 6 6 上には、例えば図 1 8 に示されるように、新たにレジスト膜 6 7 が形成される。このレジスト膜 6 7 は電極端子膜 4 3 の形状を象る。レジスト膜 6 7 の形成にあたっては例えば I 線ステッパが用いられればよい。

## 【 0 0 4 1 】

図 1 9 に示されるように、導電膜 6 6 にはドライエッチング処理が適用される。このドライエッチング処理すなわち反応性イオンエッチング (R I E) 処理ではエッチングガスに  $SF_6$  といったフッ素含有ガスが用いられればよい。レジスト膜 6 7 の合間で露出する導電膜 6 6 はエッチングガスに曝されて除去される。こうしてレジスト膜 6 7 の直下では導電膜 6 6 から電極端子膜 4 3 が形作られていく。

## 【 0 0 4 2 】

こうしたエッチング処理中、連続体 6 5 の壁面 6 5 a すなわちスピバルブ膜 4 1 の壁面は絶縁下地層 4 5 に覆われ続ける (例えば図 1 5 参照)。スピバルブ膜 4 1 で非磁性ギャップ層 3 4 の表面から立ち上がる壁面の露出は阻止され続ける。したがって、例えば非磁性分離層 5 3 に含まれる Cu 原子の酸化や、磁化層 5 2、5 4 に含まれる Co 原子の酸化、Cu 原子や Co 原子と  $SF_6$  との反応



生成物の発生は確実に防止されることができる。しかも、絶縁下地層 4 5 の合間でスピバルブ膜 4 1 が露出しても、キャップ層に含まれる Au 層の働きでスピバルブ膜 4 1 のエッチングは確実に阻止される。

#### 【 0 0 4 3 】

こうして電極端子膜 4 3 が形成されると、図 2 0 に示されるように、スピバルブ膜 4 1 上で Au 層は除去される。レジスト膜 6 7 は維持されたまま、Au 層にイオンミリング処理が適用される。このとき、アルゴンイオンの入射角は非磁性ギャップ層 3 4 の表面に対して  $90^\circ$  に設定される。レジスト膜 6 7 の周囲で Au 層は削り取られていく。キャップ層に含まれる Ta 層の働きで、Au 層が除去された後もスピバルブ膜 4 1 のエッチングは確実に阻止されることができる。

#### 【 0 0 4 4 】

図 2 1 に示されるように、レジスト膜 6 7 は除去される。レジスト膜 6 7 の除去にあたっては例えば  $O_2$  プラズマやレジスト剥離液が用いられればよい。こうして MR 素子 3 1 は完成する。その後、周知の通り、MR 素子 3 1 上では、非磁性ギャップ層 3 3 や誘導書き込みヘッド素子 3 2 が順番に形成されていく。図 2 2 に示されるように、最終的に、個々の浮上ヘッドスライダ 1 9 では余分な削り代 6 8 は削り取られて浮上面 2 5 は形作られる。削り代 6 8 が削り取られると、MR 素子 3 1 は浮上面 2 5 で露出する。

#### 【 0 0 4 5 】

以上のように形成された MR 素子 3 1 で磁気抵抗効果が検証された。この検証にあたって、いわゆる TEG (Test Element Group) パターンが用いられた。この TEG パターンでは、図 2 3 に示されるように、1 対の電流端子 7 1 からスピバルブ膜 4 1 に所定値の電流が供給された。こうした電流の供給時に 1 対の電圧端子 7 2 に現れる電圧値が測定された。電圧値の測定にあたって、スピバルブ膜 4 1 に印加される磁界の強度は  $-40 \text{ kA/m} \sim 40 \text{ kA/m}$  の範囲で変化させられた。スピバルブ膜 4 1 の大きさは長さ  $0.3 \mu\text{m}$   $\times$  幅  $0.5 \mu\text{m}$  で規定された。こうした検証の結果、MR 素子 3 1 では、図 2 4 に示されるように、理想的な磁気抵抗効果曲線が描き出されることができた。

## 【 0 0 4 6 】

本発明者は、同様に T E G パターンを用いて従来の M R 素子の磁気抵抗効果を検証した。この M R 素子の製造にあたって、前述の絶縁下地層 4 5 の形成は省略された。検証の結果、図 2 5 に示されるように、こうした M R 素子では、磁界強度がゼロに向かって増大すると抵抗値は増大するものの、磁界強度がゼロを超えてさらに増大すると抵抗値は減少していくことが確認された。こうした M R 素子が用いられても、2 値の磁気情報は正確に判別されることはできない。

## 【 0 0 4 7 】

本発明者は、同時に、走査電子顕微鏡 ( S E M ) を用いて従来の M R 素子を観察した。観察の結果、従来の M R 素子では、スピバルブ膜の表面で不純物の付着が確認された。続いて、本発明者は、オージェ電子分光分析器で不純物の成分を分析した。分析の結果、不純物中に C o 原子や C u 原子の存在が確認された。したがって、不純物は、非磁性分離層 5 3 に含まれる C u 原子の酸化や、磁化層 5 2、5 4 に含まれる C o 原子の酸化、C u 原子や C o 原子と S F<sub>6</sub> との反応に基づき生成される金属化合物であることが予想される。こうして本発明に係る絶縁下地層 4 5 の有用性は裏付けられた。

## 【 0 0 4 8 】

なお、反応性イオンエッチング ( R I E ) 処理では、前述の S F<sub>6</sub> といったフッ素含有ガスに代えて B C l<sub>3</sub> その他の不活性ガスがエッチングガスに用いられてもよい。また、エッチングガスの適用に拘わらずスピバルブ膜 4 1 の壁面を覆い続けることができる限り、前述の絶縁下地層 4 5 にはいかなる素材が用いられてもよい。

## 【 0 0 4 9 】

( 付記 1 ) 基礎層の表面に沿って延びる磁気抵抗効果膜を形成する工程と、基礎層の表面に、磁気抵抗効果膜を挟み込む絶縁下地層を積層する工程と、絶縁下地層で磁気抵抗効果膜を挟み込んだまま基礎層上でエッチング処理を実施する工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【 0 0 5 0 】

( 付記 2 ) 付記 1 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記絶縁

下地層の積層に先立って、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて基礎層の表面に沿って延びる磁区制御膜を形成する工程と、前記絶縁下地層の積層にあたって、前記絶縁下地層で前記磁気抵抗効果膜とともに磁区制御膜を挟み込む工程とをさらに備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【 0 0 5 1 】

（付記 3） 付記 1 または 2 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記エッチング処理に先立って、少なくとも磁気抵抗効果膜および絶縁下地層を覆う導電膜を形成する工程と、前記エッチング処理にあたって、磁気抵抗効果膜で基礎層から立ち上がる壁面の露出を阻止しつつエッチングガスに導電膜を曝す工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【 0 0 5 2 】

（付記 4） 基礎層の表面に、磁気抵抗効果膜の層構造で構成される第 1 素材層を積層する工程と、磁区制御膜の素材で構成され、基礎層の表面に沿って第 1 素材層を挟み込む 1 対の第 2 素材層を積層する工程と、第 1 および第 2 素材層上に、相互に連続する磁気抵抗効果膜および磁区制御膜の輪郭を象るレジスト膜を形成する工程と、レジスト膜の周囲で第 1 および第 2 素材層を除去し、レジスト膜下に磁気抵抗効果膜および磁区制御膜を形成する工程と、レジスト膜上および基礎層の表面上に絶縁下地層を積層する工程と、レジスト膜を除去し、絶縁下地層の合間で磁気抵抗効果膜および磁区制御膜を露出させる工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【 0 0 5 3 】

（付記 5） 付記 4 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記基礎層の表面に沿って絶縁下地層で磁気抵抗効果膜を挟み込んだまま基礎層上でエッチング処理を実施する工程をさらに備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【 0 0 5 4 】

（付記 6） 付記 5 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記エッチング処理に先立って、少なくとも磁気抵抗効果膜および絶縁下地層を覆う導電膜を形成する工程と、前記エッチング処理にあたって、磁気抵抗効果膜で基礎層

から立ち上がる壁面の露出を阻止しつつエッチングガスに導電膜を曝す工程とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【 0 0 5 5 】

（付記 7） 基礎層の表面に沿って広がり、基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁気抵抗効果膜と、先端で磁気抵抗効果膜に接続されて、磁気抵抗効果膜の壁面に連続しつつ基礎層の表面から立ち上がる壁面を規定する磁区制御膜と、基礎層の表面に沿って広がり、磁気抵抗効果膜および磁区制御膜に各壁面で接触する絶縁下地層と、磁区制御膜および絶縁下地層に覆い被さる電極端子膜とを備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【 0 0 5 6 】

（付記 8） 付記 7 に記載の磁気抵抗効果素子において、前記絶縁下地層は、前記磁気抵抗効果膜に覆い被さる絶縁層に一体化されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【 0 0 5 7 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、磁界の変化に応じて確実に 2 値の磁気情報を見分けることができる磁気抵抗効果素子やその製造方法が提供されることができ

。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ハードディスク駆動装置（HDD）の構造を概略的に示す平面図である。

【図 2】 一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

【図 3】 浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を示す拡大正面図である。

【図 4】 図 3 の 4 - 4 線に沿った部分断面図である。

【図 5】 図 3 の 5 - 5 線に沿った部分断面図である。

【図 6】 スピンバルブ膜の構造を概略的に示す拡大正面図である。

【図 7】 非磁性ギャップ層上に積層された第 1 素材片とレジスト膜とを概

略的に示す斜視図である。

【図 8】 図 7 の 8 - 8 線に沿った断面図である。

【図 9】 レジスト膜をマスクに用いて第 1 素材片を削り込む工程を示す第 1 素材片およびレジスト膜の斜視図である。

【図 1 0】 図 9 の 1 0 - 1 0 線に沿った断面図である。

【図 1 1】 第 2 素材層に挟み込まれた第 1 素材片の様子を概略的に示す斜視図である。

【図 1 2】 第 1 素材片および第 2 素材層上に形成されるレジスト膜を示す斜視図である。

【図 1 3】 レジスト膜の直下で削り出された第 1 素材片および第 2 素材層の様子を示す斜視図である。

【図 1 4】 図 1 3 の 1 4 - 1 4 線に沿った部分断面図である。

【図 1 5】 図 1 4 に対応し、レジスト膜が除去される工程を示す部分断面図である。

【図 1 6】 図 1 5 に対応し、導電膜が積層される工程を示す部分断面図である。

【図 1 7】 図 1 6 の 1 7 - 1 7 線に沿った断面図である。

【図 1 8】 図 1 7 に対応し、導電膜上にレジスト膜が形成される工程を示す部分断面図である。

【図 1 9】 図 1 8 に対応し、導電膜に反応性イオンエッチング処理を適用する工程を示す部分断面図である。

【図 2 0】 図 1 9 に対応し、キャップ層すなわち A u 層を除去する工程を示す部分断面図である。

【図 2 1】 図 2 0 に対応し、最終的にレジスト膜を除去する工程を示す部分断面図である。

【図 2 2】 仕上げられた M R 素子の部分拡大平面図である。

【図 2 3】 M R 素子の磁気抵抗効果を検証するにあたって用いられた T E G パターンを示す平面図である。

【図 2 4】 本発明に係る M R 素子で測定された磁気抵抗効果曲線を示すグ

ラフである。

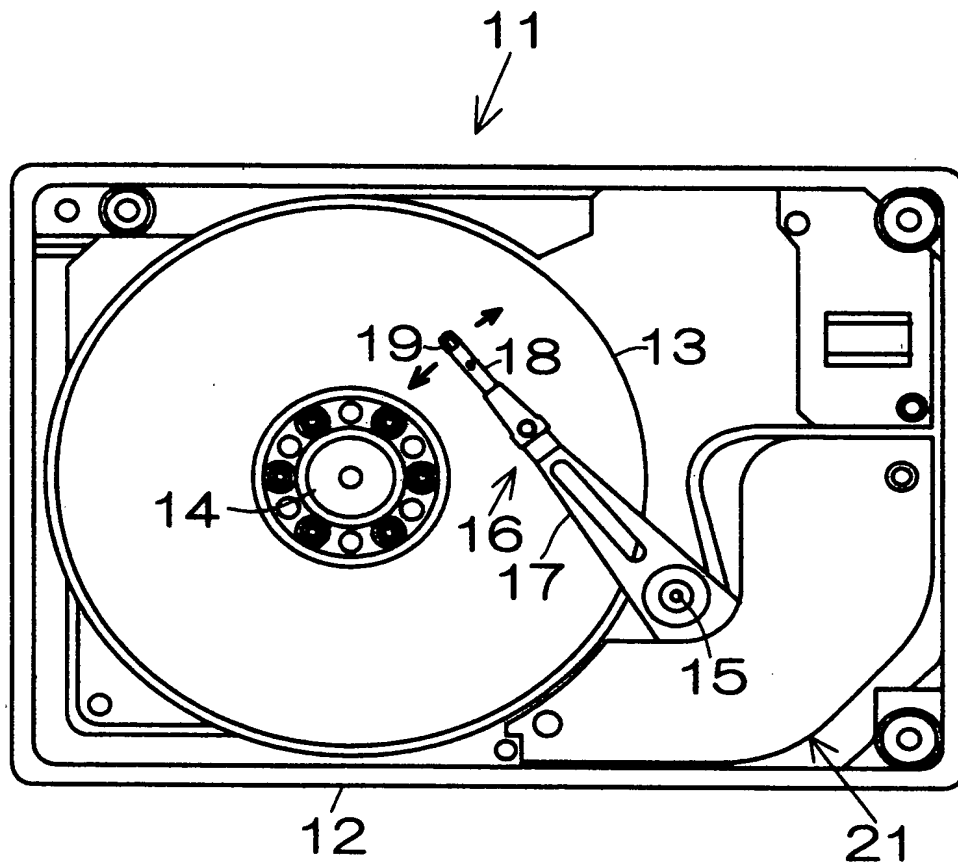
【図 2 5】 絶縁下地層を用いずに製造された従来のMR素子で測定された磁気抵抗効果曲線を示すグラフである。

【符号の説明】

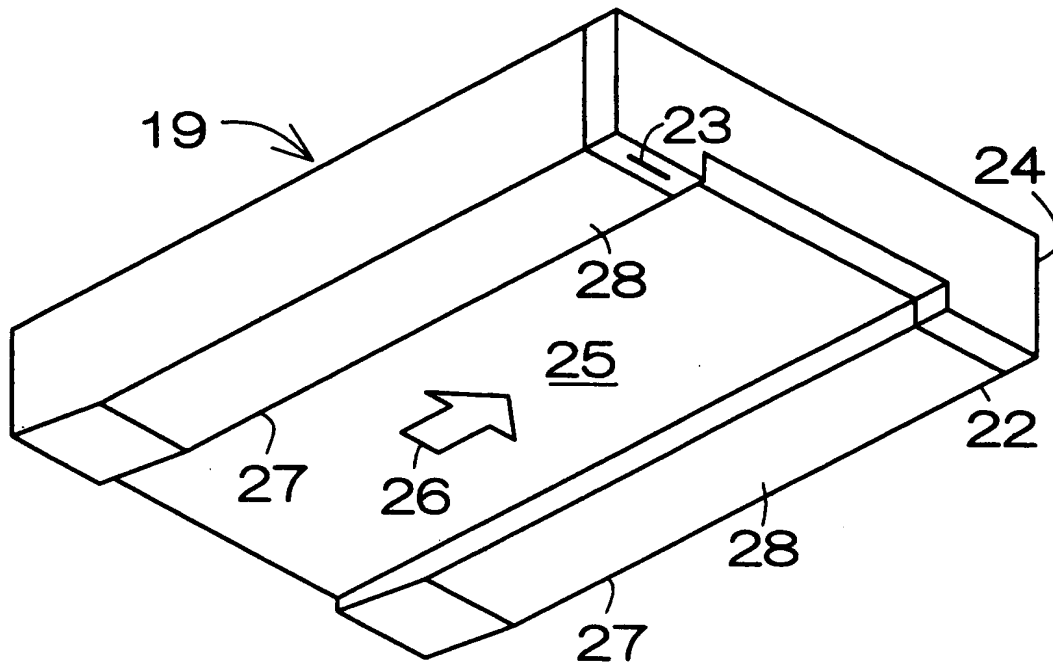
3 1 磁気抵抗効果 (MR) 素子、3 3 絶縁層としての非磁性ギャップ層、  
3 4 基礎層としての非磁性ギャップ層、4 1 磁気抵抗効果 (MR) 膜としての  
スピバルブ膜、4 2 磁区制御膜、4 3 電極端子膜、4 5 絶縁下地層、  
4 6 MR膜の壁面、4 7 磁区制御膜の壁面、6 5 a 壁面、6 6 導電膜。

【書類名】 図面

【図 1】

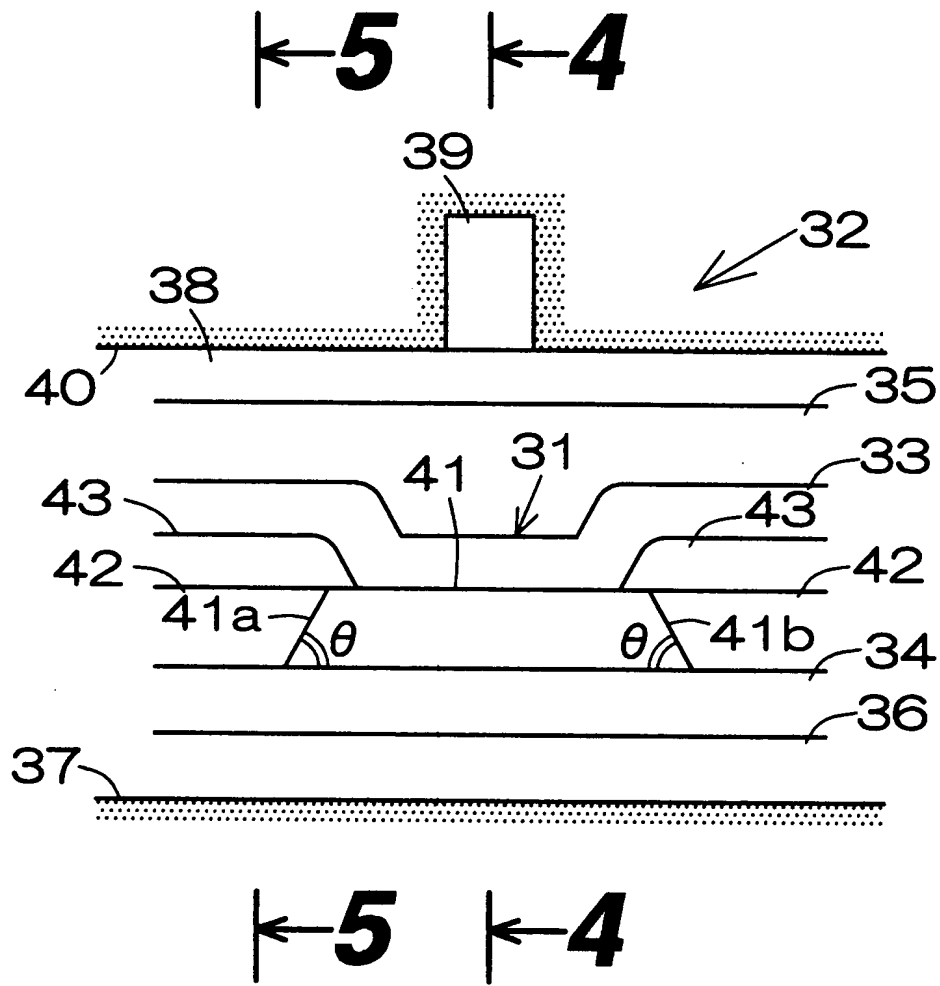


【図 2】

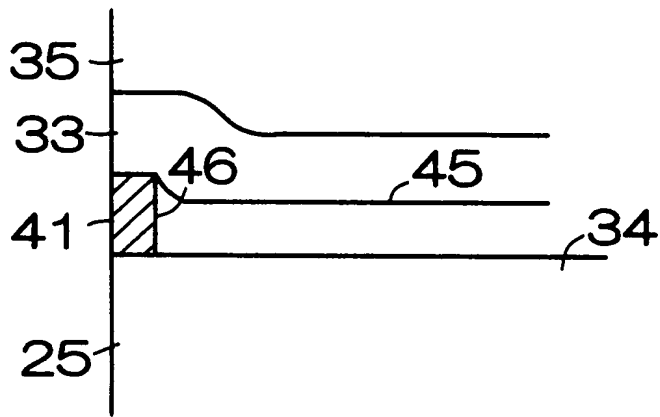




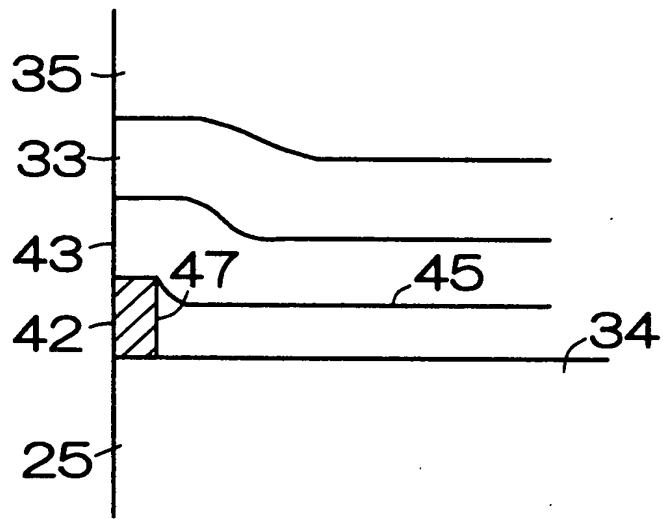
【図 3】



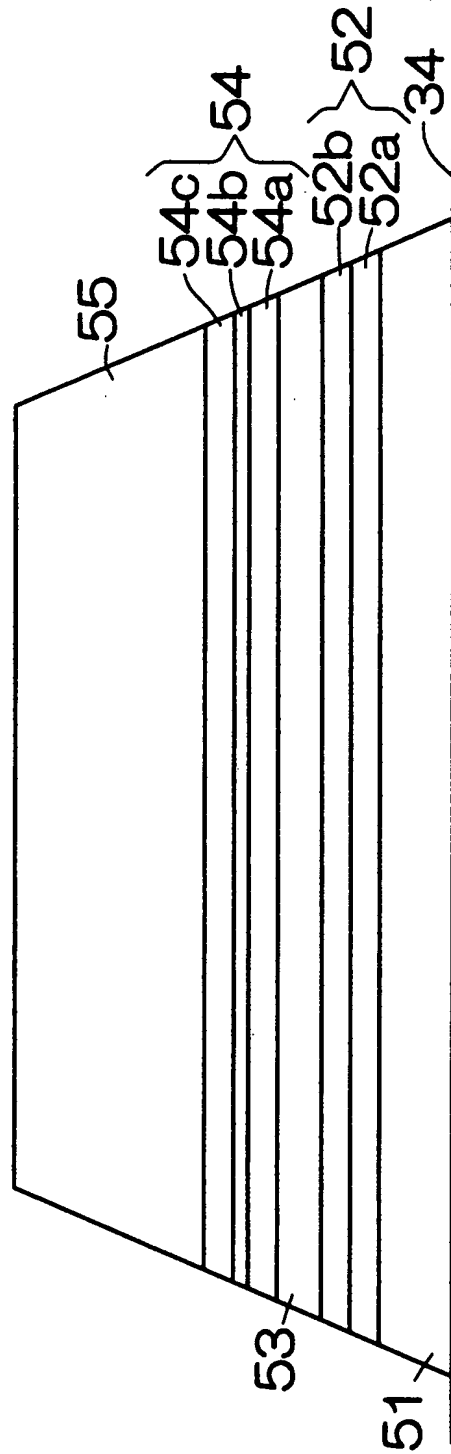
【図 4】



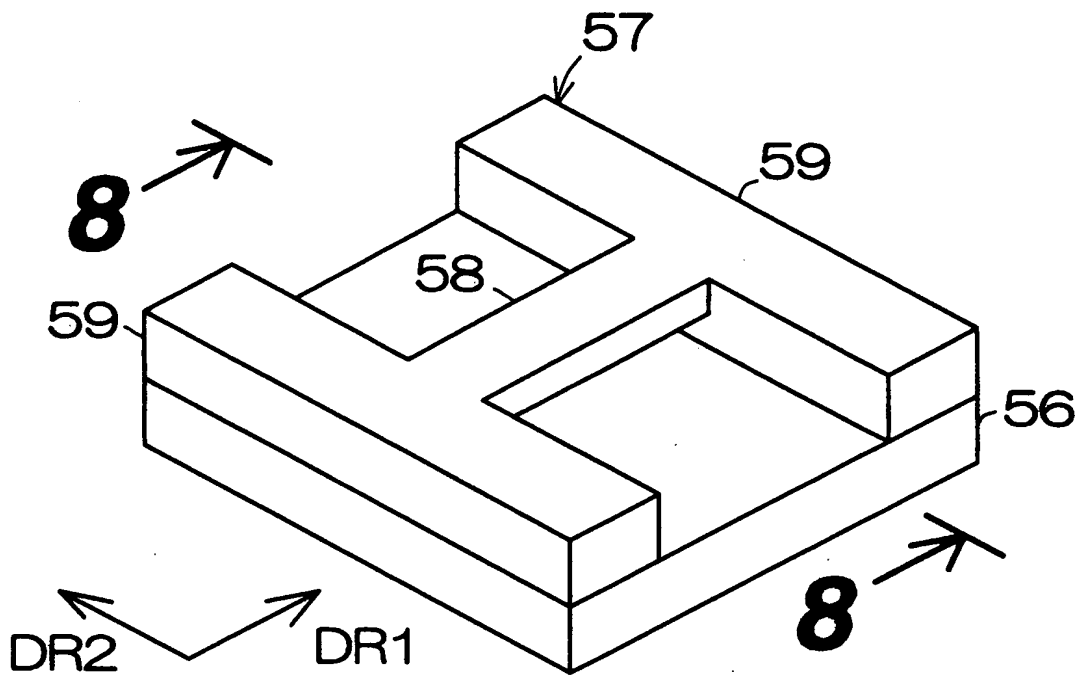
【図 5】



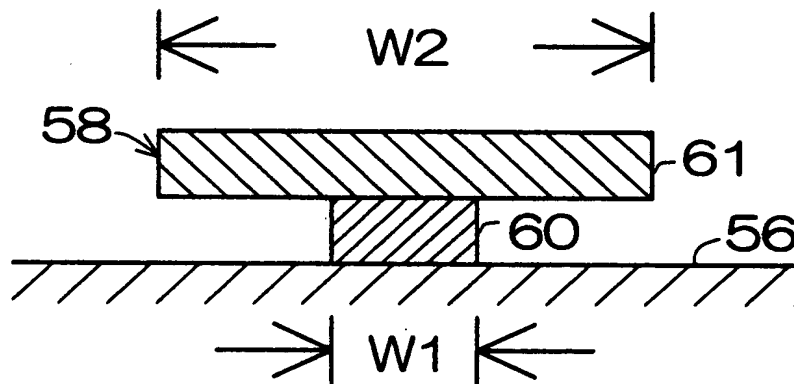
【図 6】



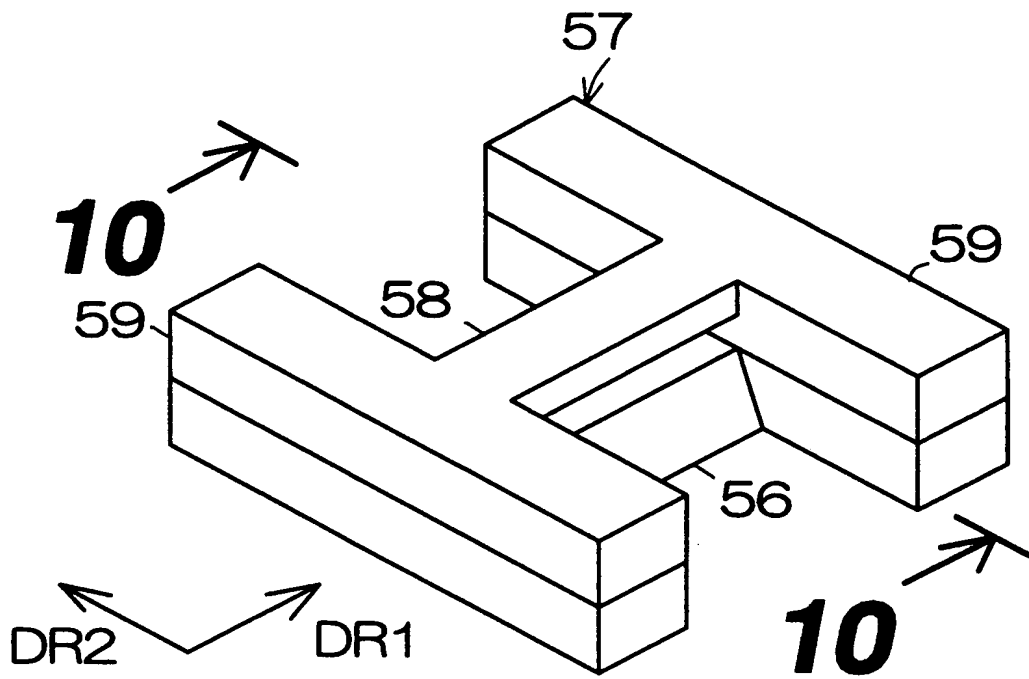
【図 7】



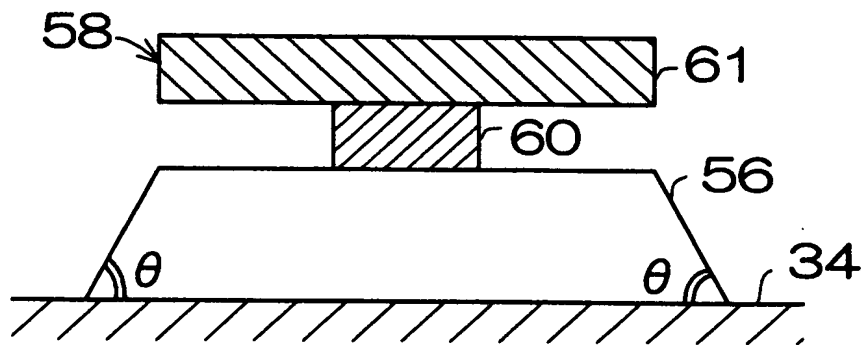
【図 8】



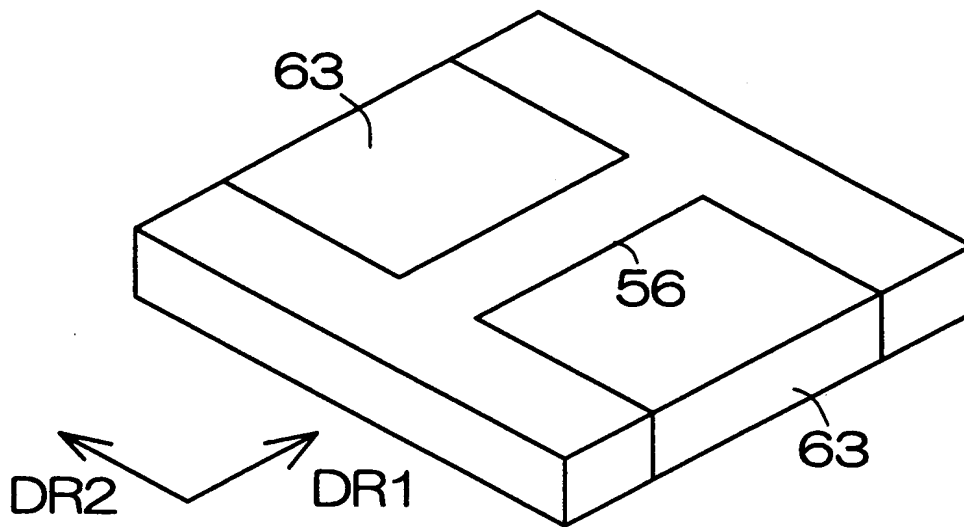
【図9】



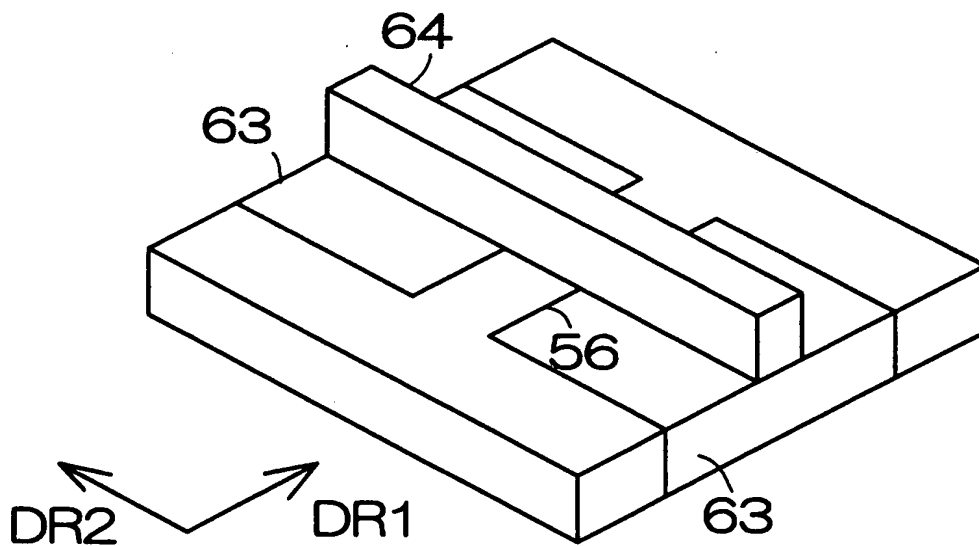
【図10】



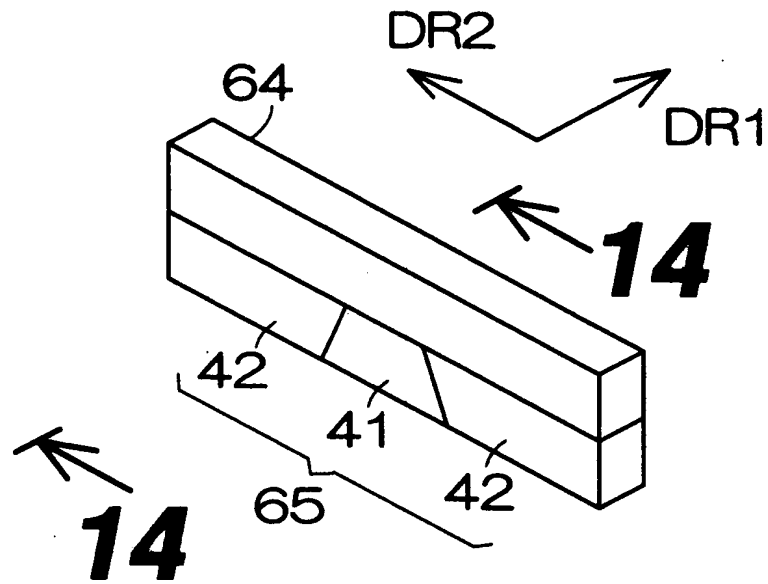
【図 1 1】



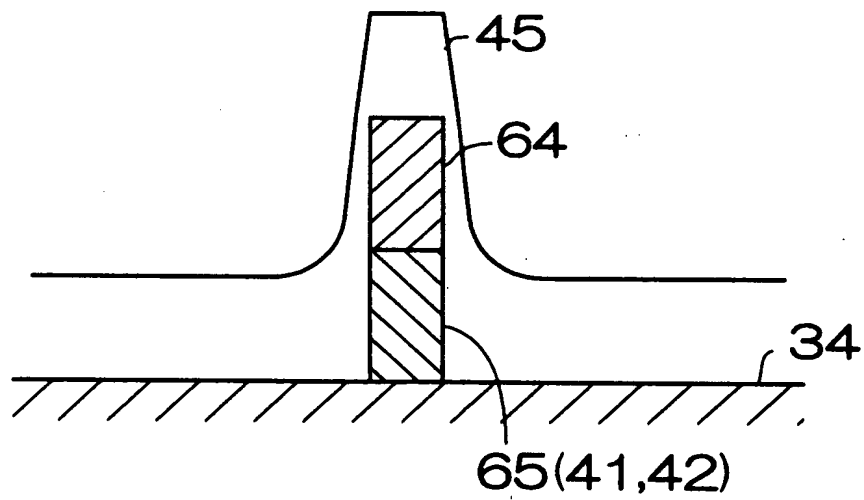
【図 1 2】



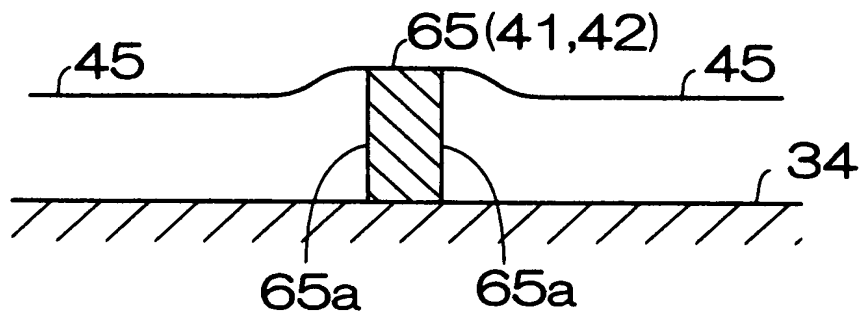
【図 13】



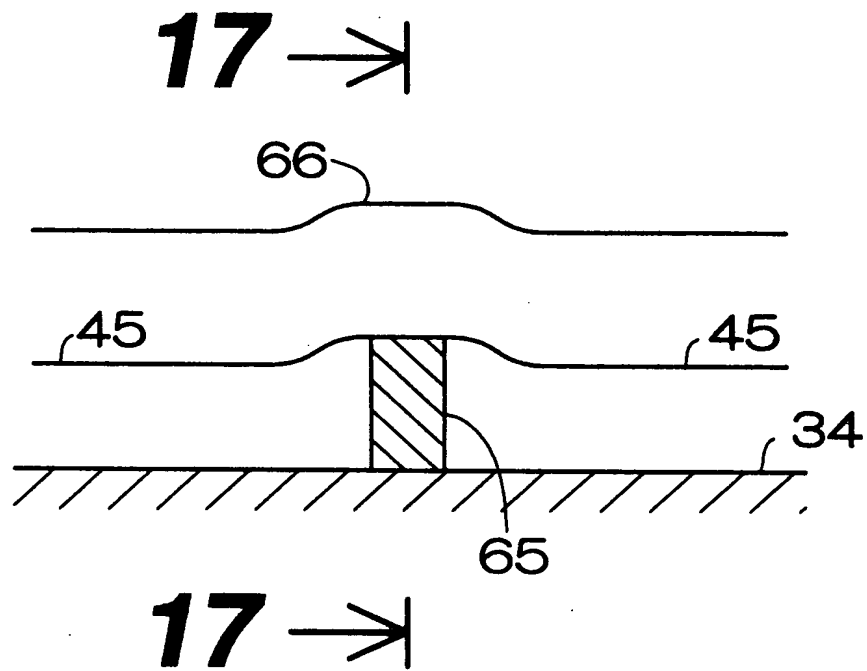
【図 14】



【図 1 5】

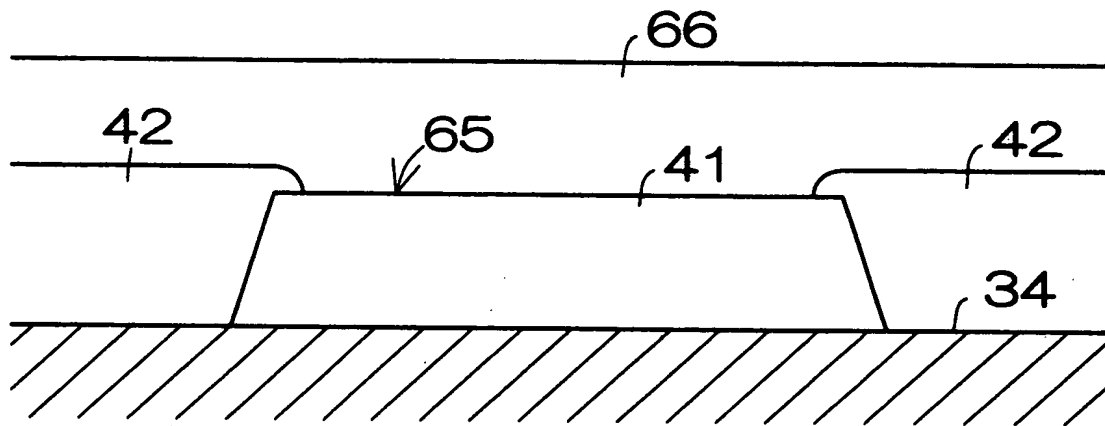


【図 1 6】

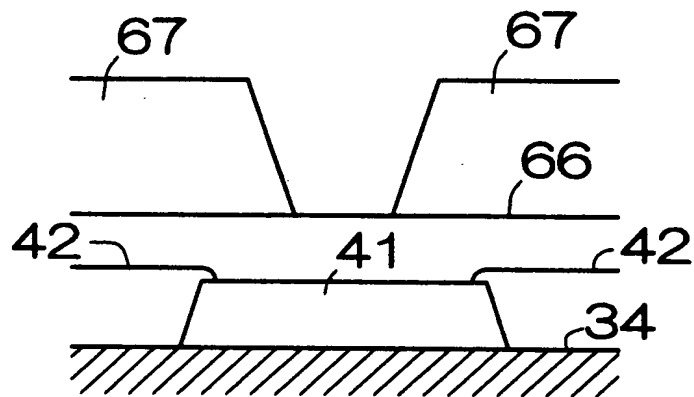




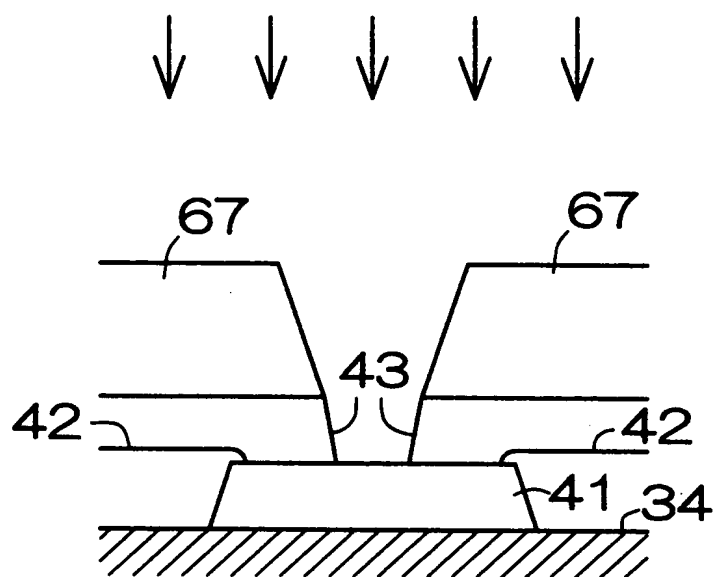
【図 1 7】



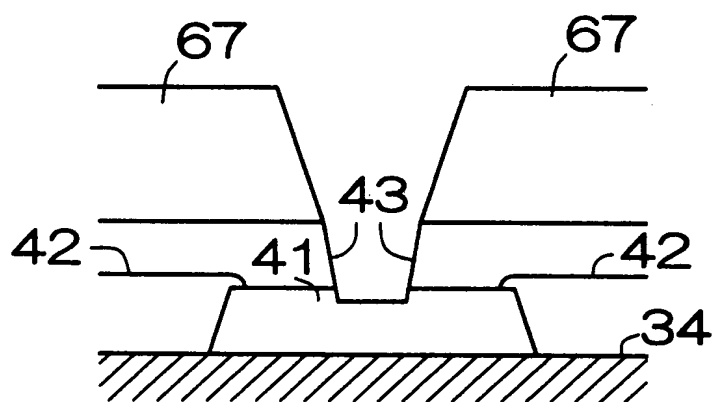
【図 1 8】



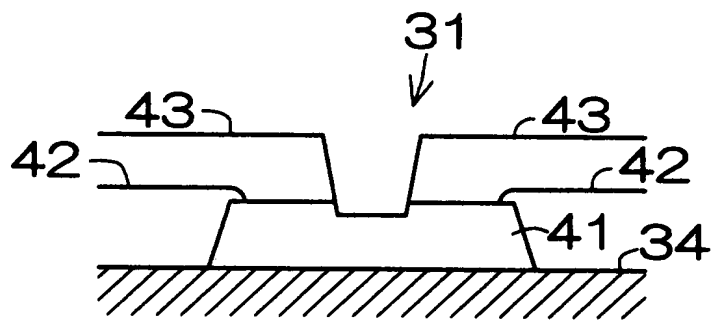
【図 19】



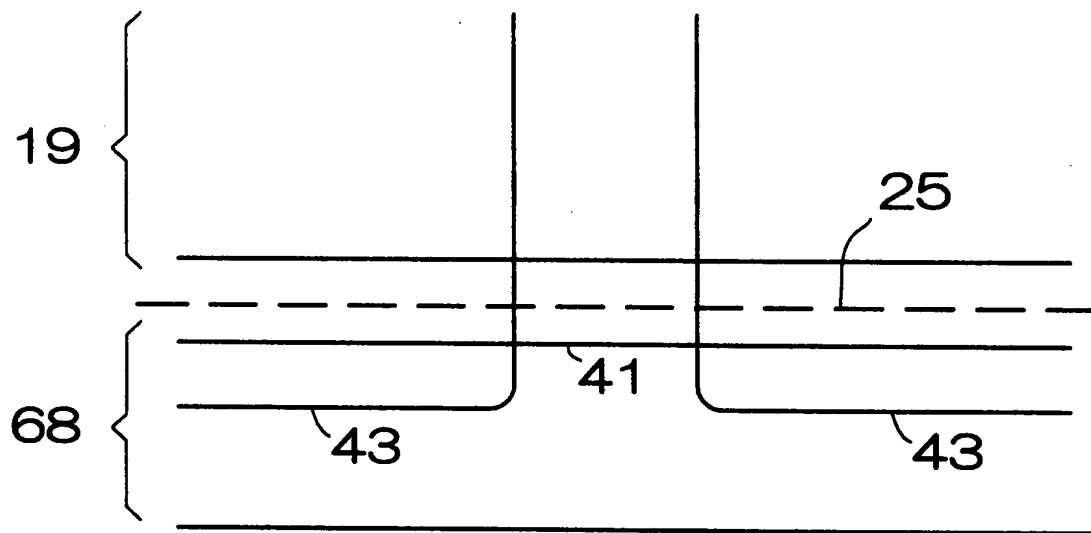
【図 20】



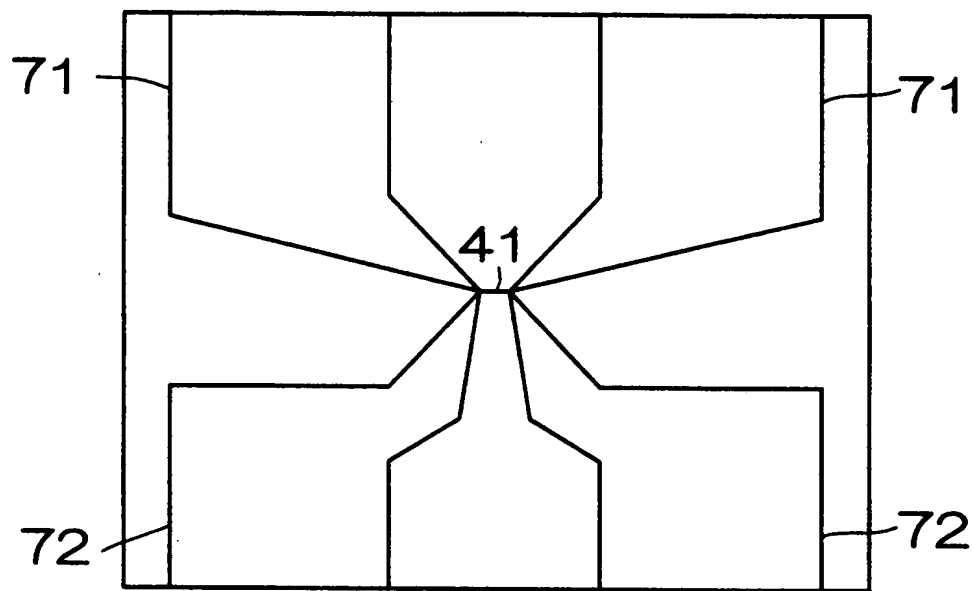
【図 2 1】



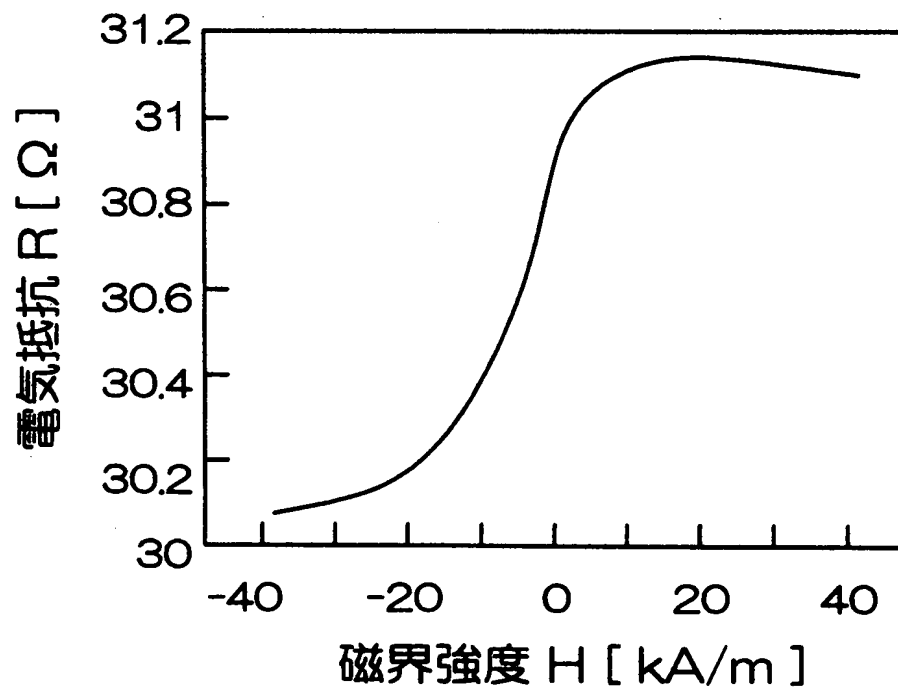
【図 2 2】



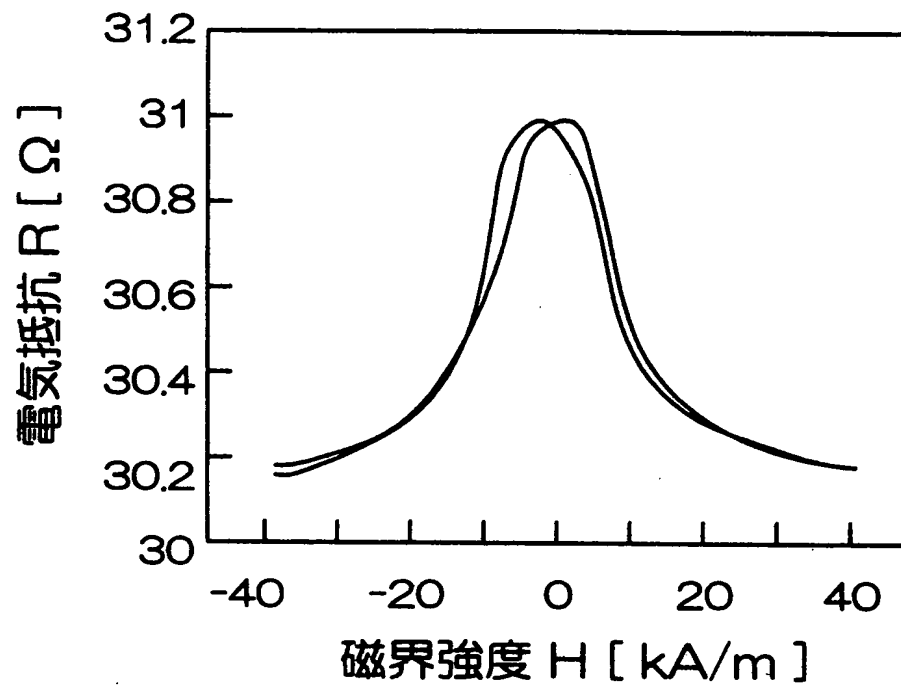
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エッチング処理中に磁気抵抗効果（MR）膜から析出する金属化合物の生成を阻止し、磁界の変化に応じて確実に 2 値の磁気情報を見分けることができるMR素子を提供する。

【解決手段】 基礎層の表面では、レジスト膜 6 4 下でMR膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 の連続体 6 5 は形成される。この連続体 6 5 は第 2 方向に沿って延びる。その後、基礎層の表面には絶縁下地層が積層される。絶縁下地層はレジスト膜 6 4、MR膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 を覆う。レジスト膜 6 4 が除去されると、基礎層の表面には、MR膜 4 1 および磁区制御膜 4 2 を挟み込む絶縁下地層が残存する。エッチング処理中にMR膜では基礎層の表面から立ち上がる壁面の露出は阻止される。エッチングガスとMR膜 4 1 との反応は確実に回避されることができる。

【選択図】 図 1 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社